

بررسی آسیب‌پذیری طراحی سیستم‌های آبیاری تحت فشار در شرایط تغییر اقلیم (مطالعه موردی سیستم‌های تحت فشار اجرا شده در شهرستان سنقر)

سمیرا اخوان^{۱*}، علیرضا باقرخانی^۲، حمید زارع ابیانه^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۶/۲۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۹/۹

چکیده

هدف اصلی این پژوهش بررسی آسیب‌پذیری عملکرد سیستم‌های آبیاری تحت فشار اجرا شده در شهرستان سنقر در شرایط تغییر اقلیم در دوره ۲۰۳۰-۲۰۱۱ بر اساس سناریوهای مختلف (A1B، A2 و B1) در مقایسه با دوره پایه با استفاده از مدل ریز میقیاس LARS-WG می‌باشد. در این مطالعه تبخیر و تعرق مرجع و نیاز آبیاری تحت سناریوهای تغییر اقلیم برای الگوی کشت حاضر محاسبه و عملکرد سیستم‌های آبیاری (به طور عمده) شاخص‌های تعریف شده (شاخص‌هایی مانند کفایت توزیع فشار و دبی) مورد ارزیابی قرار گرفت. براساس نتایج بدست آمده تبخیر و تعرق گیاهی مطابق هر سه سناریوی A1B، A2 و B1 به ترتیب ۹/۵۳، ۹/۶ و ۹/۵۴ درصد افزایش خواهد یافت. متوسط دبی سیستم‌های مورد مطالعه از ۸/۶ لیتر بر ثانیه در شرایط فعلی به ۹/۷۴ لیتر بر ثانیه در دوره آینده تغییر خواهد یافت. متوسط مقادیر سرعت آب، ۱۹/۶، ۲۰/۶ و ۱۹/۶ درصد به ترتیب در سه سناریوی A1B، A2 و B1 افزایش پیدا کرد. در سیستم‌های مورد مطالعه مقادیر متوسط افت فشار در هر صد متر، در دوره پایه و سه سناریو مذکور به‌طور متوسط به ترتیب ۱، ۱/۱۹ و ۱/۲۱ متر بود که احتیاج به تغییر آب‌پاش و یا تنظیم فشار در ابتدا خط نداشت. نتایج بررسی‌های شاخص پایداری مساحت آبیاری، شاخص کفایت دبی و فشار نشان داد که مقادیر این شاخص در آینده در تمامی مزارع مورد مطالعه کم‌تر از ۱۰۰ خواهد شد.

واژه‌های کلیدی: سناریوهای تغییر اقلیم، سیستم آبیاری، هیدرومدول

مقدمه

گسترش سیستم‌های آبیاری تحت فشار شده است. در چند دهه اخیر، حجم عظیمی از توان اجرایی، اعتبارات و فعالیت‌های دولت به این امر اختصاص یافته است تا بتوان در مقدار آب مصرفی صرفه‌جویی و از طرفی دیگر میزان محصول تولیدی افزایش داد. اما در دهه‌های اخیر پدیده تغییر اقلیم مقدار تبخیر و تعرق گیاهان، میزان بارش‌ها، عملکرد محصولات و همچنین نیاز آب در بخش کشاورزی را تحت تأثیر قرار داده است. نیاز آبی گیاهان توسط پارامترهای اقلیمی نظیر دما و بارش کنترل می‌گردد (Allen et al., 2010). بطوری که نیاز خالص آبیاری به مقدار تبخیر و تعرق بستگی دارد. تبخیر و تعرق به‌عنوان متغیری اقلیمی است که وابسته به برخی پارامترهای هواشناسی نظیر دما، رطوبت نسبی، سرعت باد و تابش خورشیدی می‌باشد. به طوری که هر گونه تغییر در مقدار می‌تواند بر مقدار آب آبیاری تأثیر داشته باشد. همچنین مقدار تبخیر و تعرق در طراحی سیستم‌های آبیاری یکی از فاکتورهای کلیدی است که می‌تواند بر طراحی سیستم‌ها تحت فشار را تحت تأثیر قرار دهد. علیزاده و همکاران (۱۳۸۹) به بررسی اثرات تغییر اقلیم بر تبخیر و تعرق حوضه آبریز رودخانه کشف‌رود با مدل HadCM3 تحت سناریوی A2 در آینده پرداختند. آن‌ها نشان دادند

بخش کشاورزی به‌عنوان بزرگ‌ترین مصرف‌کننده آب شیرین در جهان و ایران شناخته شده است (Hasanali et al., 2009; Valenzuela., 2009). باتوجه به کمبود بارش در ایران و عدم توزیع مناسب زمانی و مکانی، همچنین بروز خشک‌سالی‌های متعدد در بیست سال اخیر، اهمیت تبدیل روش‌های آبیاری سنتی به روش‌های نوین آبیاری از جمله آبیاری تحت فشار ملموس‌تر گردیده است. در سال‌های اخیر در سایه عنایت ویژه دولت، سیستم‌های آبیاری تحت فشار در کشور ایران مورد توسعه قرار گرفته است. چنان‌که در برنامه‌های اول تا چهارم توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی توجه ویژه‌ای به افزایش بهره‌وری آب و بهبود راندمان آبیاری از طریق

۱- استادیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا
۲- دانشجوی دکتری گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا
۳- استاد گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا
(*-نویسنده مسئول: Email: akhavan_samira@yahoo.com)

درصد با فرض ثابت بودن الگوی کشت افزایش خواهد یافت. تعداد هیدرانت‌های با کمبود فشار نسبی خوب از ۵۴۱ به ۴۳۲ تا ۴۷۱ تحت سناریوهای مورد بررسی کاهش یافت. بطور کلی مطالعات محدودی در مورد اثر تغییر اقلیم بر طراحی و عملکرد سیستم‌های آبیاری چه در داخل و چه در خارج کشور انجام شده است (Fouial et al. 2016). بنابراین هدف از این مطالعه، بررسی اثر تغییر اقلیم در دوره ۲۰۱۱ تا ۲۰۳۰ بر عملکرد سیستم‌های آبیاری تحت فشار شهرستان سنقر با محاسبه برخی شاخص‌های فنی و مدیریتی می‌باشد. دلیل انتخاب این دوره ۲۰ ساله به علت مقیاس قرار دادن عمر مفید سیستم‌ها به مدت ۱۵ سال است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

استان کرمانشاه مساحتی معادل با ۲۴۵۰۰ کیلومترمربع دارا است که بین ۳۳ درجه و ۳۶ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۱۵ دقیقه عرض شمالی و ۴۵ درجه و ۲۴ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۳۰ دقیقه طول شرقی از نصف نهار گرینویچ قرار دارد. شهرستان سنقر با مساحتی معادل ۱۹۰۹ کیلومترمربع در شمال غربی استان کرمانشاه و در ۹۰ کیلومتری شهرستان کرمانشاه واقع است (سال‌نامه آماری استان کرمانشاه، ۱۳۹۲). شکل ۱ موقعیت استان کرمانشاه و شهرستان سنقر را در کشور نشان می‌دهند. آمار و ارقام منتشر شده توسط سازمان جهاد کشاورزی استان کرمانشاه نشان می‌دهد که تا پایان سال ۱۳۹۴ بیش از ۶۱۶۲۰ هکتار از اراضی استان، زیر پوشش آبیاری تحت فشار قرار گرفته است. در این میان شهرستان سنقر با اجرای ۴۲۲۵ هکتار، رده چهارم از سهم اجرای طرح‌های آبیاری تحت فشار را نسبت به شهرستان‌های دیگر دارند (بی نام، ۱۳۹۴). طرح‌های آبیاری تحت فشار اجرا شده در شهرستان سنقر، آبیاری بارانی از نوع کلاسیک ثابت با آبپاش متحرک و سیستم آبیاری موضعی (کم فشار و پر فشار) می‌باشد.

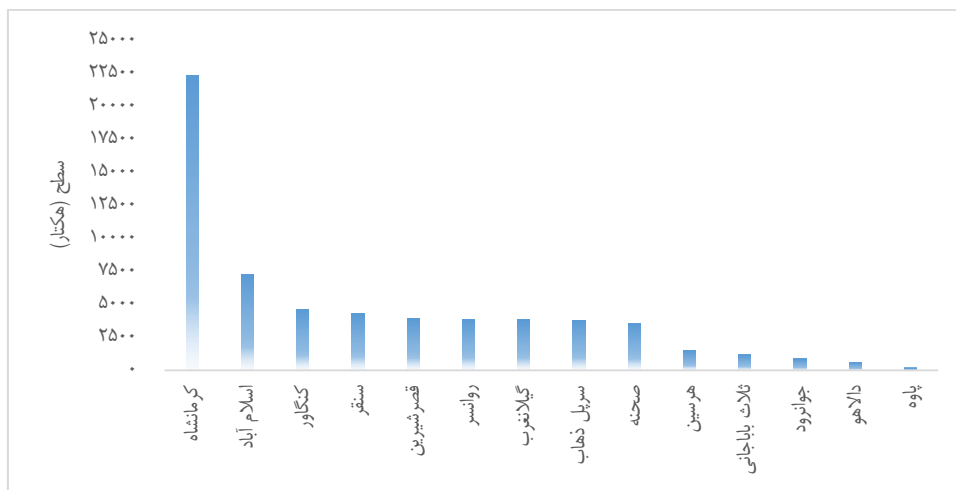
به منظور بررسی اثرات تغییر اقلیم از اطلاعات ایستگاه سینوپتیک شهرستان کنگاور که در مدار ۳۴ درجه و ۳ دقیقه عرض شمالی و ۴۷ درجه و ۵۹ دقیقه طول شرقی و ارتفاع ۱۴۶۸ متر از سطح دریا قرار دارد، استفاده شد. داده‌های مورد نیاز در این پژوهش شامل مقادیر روزانه بارش، دمای حداقل، دمای حداکثر و ساعت آفتابی طی دوره آماری ۲۴ ساله (۱۹۸۷-۲۰۱۰) می‌باشند که از مرکز اطلاعات و آمار سازمان هواشناسی کشور اخذ گردید.

در جدول ۱ برخی مشخصات مزارع مورد مطالعه، تحت پوشش سیستم‌های آبیاری تحت فشار (کلاسیک ثابت با آبپاش متحرک)، با انجام بازدیدهای میدانی و مطالعه دفترچه‌های طراحی آمده است.

که در اثر افزایش دما میزان تبخیر - تعرق در تمامی ماه‌ها برای هر سه دوره‌ی مورد بررسی افزایش خواهد یافت.

اشرف و همکاران (۱۳۹۱) تغییرات نیاز آبی گندم و چغندرقد را در دشت‌های منتخب استان خراسان رضوی تحت سه سناریوی A1B، B1 و A2 در دو دهه‌ی آینده با استفاده از مدل LARS-WG بررسی کردند. نتایج نشان داد به‌طور کلی تغییرات محسوسی در مقدار نیاز آبی گیاهان زراعی مورد بررسی در ۲۰ سال آینده در اکثر دشت‌های مورد بررسی مشاهده نخواهد شد. آشفته با استفاده از مدل HadCM3 تحت سناریوی A2، اثر تغییر اقلیم بر نیاز آبی در شبکه‌ی آبیاری آیدوغموش برای دوره‌ی ۲۰۲۶ تا ۲۰۳۹ را بررسی نمود. بر اساس ریسک‌های ۲۵ و ۵۰ درصد میزان نیاز آبی محصولات به مقدار ۱۳ و ۱۰ درصد افزایش می‌یابد (Ashofteh. 2010). اخوان و همکاران (۱۳۹۴) در بررسی اثر تغییر اقلیم بر نیاز خالص آبیاری محصولات دشت همدان - بهار بر پایه سناریوی محتمل A2 با مدل HadCM3 به این نتیجه رسیدند مجموع نیاز خالص آبیاری گیاهان زراعی چغندرقد، گندم، جو، سیب‌زمینی، ذرت دانه‌ای، ذرت علوفه‌ای، نخود و پیاز در ۳۰ سال آینده به ترتیب به مقدار ۲۶۷، ۷۵، ۵۷، ۲۷۵، ۲۵۰، ۱۵۳، ۱۴۵ و ۲۲۴ مترمکعب در هکتار نسبت به دوره پایه به‌طور متوسط افزایش خواهد یافت.

در بین پژوهش‌های صورت گرفته تاثیر تغییر اقلیم بر روی فعالیت‌های کشاورزی، محققانی به بررسی اثر تغییر اقلیم بر ارزیابی شبکه‌های آبیاری و زهکشی پرداختند. در بیش‌تر موارد، عملکرد شبکه آبیاری در شرایط اقلیمی فعلی و دوره‌های آتی در دیدگاه‌های مختلف مورد بررسی قرار گرفته است. دهقان و همکاران ۱۳۹۳ به بررسی اثر تغییر اقلیم بر شبکه آبیاری بيله سوار، استان اردبیل پرداختند نتایج نشان داد که عدالت توزیع فشار (توزیع یکنواخت فشار در مزرعه‌های مورد مطالعه‌ی) در دوره ۲۰۵۰ تا ۲۰۸۰ از ۸۱ درصد به ۴۶ درصد و کفایت آن از ۱/۰۳ به ۰/۵۴ افت پیدا خواهد کرد. هم‌چنین نسبت حداکثرترین حالت، ۲۰ درصد بیش‌تر از حد مجاز و نسبت حداقل سرعت به میزان ۲۵ درصد کم‌تر از حد مجاز می‌باشد. در پژوهش پرز یورستارزو و همکاران ۲۰۱۰، از مدل HadCM3 به‌منظور تولید داده‌های اقلیمی در دوره پایه ۱۹۶۱-۱۹۹۰ و دوره‌های آتی ۲۰۵۰ و ۲۰۸۰ و نیز به منظور ارزیابی شبکه از شاخص‌های عدالت و کفایت توزیع فشار در نقاط برداشت آب استفاده شد. نتایج این محققان نشان می‌دهد که تغییرات آب و هوایی تاثیر عمده‌ای در عملکرد شبکه با الگوی کشت فعلی داشته ولی تغییرات مورد انتظار در الگوی کشت این تاثیر را کاهش می‌دهد (Perez Urrestarazu et al., 2010). فوئیل و همکاران به مدل کردن اثر تغییر اقلیم بر سیستم‌های توزیع آبیاری تحت فشار در منطقه آپولیا در جنوب ایتالیا پرداختند. نتایج نشان داد که نیاز آبی برای سال‌های ۲۰۵۰ و ۲۰۸۰ به ترتیب ۸ و ۲۵



شکل ۱- مقایسه سطح اراضی تحت پوشش سیستم‌های آبیاری تحت فشار در شهرستان‌های استان کرمانشاه

جدول ۱- مشخصات تعدادی از سیستم‌های آبیاری (کلاسیک ثابت با آب پاش متحرک) مورد بررسی در شهرستان سنقر، استان کرمانشاه

ردیف	منبع آب	دبی (lit sec ⁻¹)	کنست شماره ۱		کنست شماره ۲		قطر لوله (mm)		درصد رطوبت		
			مساحت (ha)	محصول	مساحت (ha)	محصول	خط اصلی	خط فرعی	وزنی	بافت	
PWP	FC										
۱۵	۲۸	L	۶۳	۱۱۰	۱	سیب زمینی	۳/۸	گندم	۹	چاه	۱
۱۸	۳۵	Si-C	۶۳	۹۰	۴	یونجه	۲/۸۳	گندم	۶	چاه	۲
۱۴	۲۸	C-L	۶۳	۹۰	۲/۲۲	آفتاب گردان	۱/۱	گندم	۳/۵	چشمه	۳
۱۷	۳۱	C-L	۶۳	۲۰۰	۱۹	یونجه	۱۸	گندم	۳۰	چاه و قنات	۴
۲۱	۳۵	C	۶۳	۱۱۰	۱	ذرت دانه‌ای	۳/۸	گندم	۹	چاه	۵

گزارش‌های اخیر IPCC محدود به چهار سناریو گردیده‌اند (IPCC, 2007)

سناریوهای مورد استفاده در این پژوهش نیز با توجه به مرور منابع و بررسی هر چه بهتر وضعیت اقتصادی و اجتماعی در محدوده مورد مطالعاتی شامل سه سناریوی A1B, A2 و B1 بود که این سناریوها هم‌پوشانی خوبی از لحاظ بررسی‌های اقتصادی و اجتماعی را دارا بودند و مدل اقلیمی مورد استفاده نیز، مدل HadCM3 می‌باشند.

محاسبه تبخیر و تعرق

برای محاسبه تبخیر و تعرق مرجع در صورتی که پارامترهای دمای حداقل و حداکثر، رطوبت نسبی، سرعت باد و ساعات آفتابی به‌طور کامل اندازه‌گیری شده باشند، بهترین روش برآورد تبخیر و تعرق روش فائو پنمن مانیتث می‌باشد. در غیر این صورت با توجه به نوع داده‌های موجود از بین روش‌های مختلف برآورد تبخیر و تعرق، روش مناسب انتخاب می‌گردد که در این تحقیق، به- علت نبود داده‌های رطوبت و باد از روابط محاسبه تبخیر و تعرق بر

مدل ریز مقیاس LARS-WG

در سال‌های اخیر مراکز پژوهشی کشورهای مختلف نظیر آمریکا، کانادا، استرالیا، ژاپن، چین، نروژ، آلمان، کره جنوبی، فرانسه، انگلستان و روسیه، مدل‌های مختلف GCM را برای پیش‌بینی تغییرات اقلیمی توسعه دادند (IPCC, 2007). مدل کاهش مقیاس LARS-WG توسط زمنف و بارو به‌عنوان بخشی از پروژه ارزیابی ریسک‌های کشاورزی در کشور مجارستان ارایه گردید که برای شبیه‌سازی مقادیر روزانه متغیرهای دمای حداقل و حداکثر، بارش و تابش یا ساعت آفتابی به‌کار می‌رود (Semenev and Brov., 1997). مدل LARS-WG برای هر یک از متغیرهای دمای حداقل و حداقل، تابش خورشیدی و تعداد ساعات آفتابی توزیع نیمه‌تجربی جداگانه‌ای در نظر می‌گیرد. هم‌چنین در خصوص ارایه مشخصات سناریوهای انتشار می‌توان ذکر نمود که این سناریوها حاوی اطلاعاتی از وضعیت اقتصادی - اجتماعی و میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای در اتمسفر کره زمین بوده که در سال‌های اولیه شروع مطالعات مرتبط با تغییر اقلیم تنوع زیادی داشتند اما در

شاخص‌های ارزیابی سیستم آبیاری تحت فشار

به منظور بهبود مدیریت آبیاری با استفاده از شاخص‌های ارزیابی، سیستم‌های آبیاری سطحی و تحت فشار مورد ارزیابی قرار می‌گیرند. در شرایط تغییر اقلیم که گیاه با افزایش تقاضای آب مواجه می‌گردد، برای جلوگیری از تنش و کاهش عملکرد محصول، نیازمند به آبیاری به موقع و به مقدار لازم است که پاسخ‌گوی نیاز محصول در زمان اوج تقاضا باشد. این هدف در سیستم‌های آبیاری تحت فشار تنها در صورت طراحی مناسب، در شرایط تعریف شده‌ای از فشار، دبی مشخص و برآورده خواهد گردید (Perez Urrestarazu et al., 2010) که از دیدگاه‌های مختلف مدیریتی، فنی، زیست‌محیطی و اجتماعی به ارزیابی سیستم‌های آبیاری تحت فشار در بخش‌هایی مانند کفایت، عدالت، اطمینان‌پذیری و انعطاف‌پذیری می‌پردازد (بادزهر، ۱۳۷۹، مهدوی و منعم، ۱۳۸۸، Calejo et al., 2008). در این مطالعه نیز برای ارزیابی سیستم‌های آبیاری تحت فشار انجام شده از برخی شاخص‌های زیر در دیدگاه‌های مذکور استفاده گردید.

شاخص تغییرات فشار در ابتدای خط بحرانی: این شاخص در واقع بیان‌کننده نحوه تغییرات فشار در ابتدای خط بحرانی می‌باشد که در هنگام طراحی باید مدنظر قرار گیرد.

$$dPa = \frac{P'_a - P_a}{P_a} \quad (۶)$$

که در آن، P'_a : فشار در ابتدا خط بحرانی بعد از تاثیرگذاری تغییرات اقلیمی و P_a : فشار در ابتدای خط بحرانی در دوره حال می‌باشد. چنانچه مقدار این شاخص برابر با صفر باشد، نشان‌دهنده تعادل در توزیع فشار در دوره حال و آینده بوده و تغییرات کم‌تر یا بیش‌تر بودن این پارامتر توزیع فشار در داخل لوله و تامین نشدن فشار مورد نیاز در سر آب‌پاش را دچار مشکل می‌نماید.

شاخص نسبت حداکثر سرعت در لوله‌های انتقال آب: این شاخص مشخص‌کننده نسبت حداکثر سرعت موجود در لوله‌های انتقال به حداکثر سرعت مجاز ($1/8$ متر بر ثانیه) در نظر گرفته شده، می‌باشد. از آنجا که با افزایش این نسبت میزان افت و احتمال وقوع ضربه قوچ در لوله‌ها افزایش می‌یابد و نیز یکنواختی پخش در شبکه کاهش می‌یابد، این شاخص از اهمیتی بالایی برخوردار می‌باشد.

$$V_{maxTR} = \frac{V_{maxT}}{V_{maxTP}} * 100 \quad (۷)$$

که در آن، V_{maxTR} شاخص حداکثر سرعت در لوله‌های انتقال آب، V_{maxT} : حداکثر سرعت محاسبه شده در لوله‌های انتقال بر حسب متر بر ثانیه و V_{maxTP} : حداکثر سرعت مجاز آب ($1/8$ متر بر ثانیه) در لوله‌های انتقال می‌باشد (مهدوی، ۲۰۱۰).

شاخص نسبت حداقل سرعت در لوله‌های انتقال آب: این شاخص مشخص‌کننده نسبت حداقل سرعت موجود در لوله‌های انتقال به حداقل سرعت مجاز ($1/6$ متر بر ثانیه) در نظر گرفته شده، می‌باشد:

$$V_{minTR} = \left(\frac{V_{minT}}{V_{minTP}} - 1 \right) * 100 \quad (۸)$$

مبنای دما استفاده شد. یکی از روابط دما مبنای محاسبه تبخیر و تعرق رابطه بلانی کریدل می‌باشد که طبق فرمول ۱ می‌باشد:

$$ET_0 = P(0.46T + 8.1) \quad (۱)$$

که در آن ET_0 ، متوسط تبخیر و تعرق مرجع در ماه مورد نظر بر حسب میلی‌متر در روز، T متوسط درجه حرارت روزانه در ماه مورد نظر بر حسب سانتی‌گراد و P ضریب روشنایی یا درصد روشنایی در هر یک از روزهای ماه مورد نظر نسبت به کل ساعات روشنایی سال در محل مورد نظر می‌باشد.

جهت بررسی‌های بیش‌تر تاثیر تبخیر و تعرق در طراحی سیستم‌های آبیاری در دوره پایه و دوره تغییر اقلیم از روش فائو پنمن مانیتث در شرایط کمبود داده به‌عنوان دومین روش برآوردی استفاده شد که با کمک از نرم‌افزار CROPWAT و معادله ۲ تمامی محاسبات انجام گردید.

$$FPM = \frac{0.408\Delta(Rn-G) + \gamma \left(\frac{900}{T+273} \right) U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1+0.34U_2)} \quad (۲)$$

سازمان فائو در نشریه ۵۶ روش‌های استاندارد جهت تخمین تابش خورشیدی و فشار بخار واقعی ارائه نموده است که به کمک آن‌ها می‌توان پارامترهای تابش خورشیدی و رطوبت نسبی مورد نیاز معادله فائو پنمن مانیتث را در شرایط نبود پارامترهای مذکور برآورد نمود (Allen et al., 1998). برای تخمین تابش خورشیدی با استفاده از داده‌های دمایی، رابطه ۳ به کار می‌رود.

$$Rs = 0.16Ra \sqrt{T_{max} - T_{min}} \quad (۳)$$

در صورت نبود داده‌های رطوبت نسبی (RH)، با فرض این‌که دمای نقطه شبنم نزدیک به دمای حداقل روزانه T_{min} است، فشار بخار واقعی e_a ، از رابطه ۵ به‌جای رابطه ۴ در روش فائو پنمن مانیتث برآورد می‌شود.

$$e_a = \frac{RH}{100} \left[\frac{e_s(T_{min}) + e_s(T_{max})}{2} \right] \quad (۴)$$

$$e_a = 0.611 \exp \left(\frac{17.27 T_{min}}{T_{min} + 237.3} \right) \quad (۵)$$

نمادهای بکار رفته در رابطه ۲ تا ۴ به شرح زیر می‌باشد: T_{min} : دمای حداقل روزانه (C)، T_{max} : دمای حداکثر روزانه (C)، Δ : شیب منحنی فشار بخار اشباع ($Kpa \cdot C^{-1}$)، R_n : تابش خالص در سطح پوشش گیاهی ($MJm^{-2}d^{-1}$)، G : چگالی شار گرمایی خاک ($MJm^{-2}d^{-1}$)، R_a : تابش برون زمینی ($MJm^{-2}d^{-1}$)، γ : ضریب سایکرومتری رطوبتی ($Kpa \cdot C^{-1}$)، U_2 : سرعت باد در ارتفاع دو متری (ms^{-1})، e_s : فشار بخار اشباع (Kpa)، e_a : فشار بخار اشباع (Kpa)، RH: متوسط رطوبت نسبی روزانه (%). (Landeras et al., 2008).

در ادامه مطالعه برای محاسبه تبخیر و تعرق گیاهی، ضرایب گیاهی محصولات مختلف از جداول مربوطه در نشریه فائو استخراج گردید. محصولات مورد بررسی شامل گندم، سیب‌زمینی، ذرت دانه‌ای، آفتاب‌گردان و یونجه می‌باشند.

دوره ۲۰۱۱ تا ۲۰۳۰ بر اساس سناریوهای A1B، A2 و B1 به- ترتیب در شکل‌های ۳ تا ۶ نشان داده شده‌اند. براساس نتایج جدول ۲ و شکل ۳، میانگین دمای حداقل شبیه‌سازی شده براساس هر سه سناریو در مقایسه با دوره پایه برای تمام ماه-های سال دارای افزایش می‌باشد، به طوری که میانگین این افزایش به‌ازای سناریوهای A1B، A2 و B1 به ترتیب برابر ۰/۷۷، ۰/۸۵ و ۰/۷۷ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. شکل ۲ روند افزایشی مشابهی را برای مقدار دمای حداکثر در تمامی ماه‌های سال طبق هر سه سناریو نسبت به دوره ۱۹۸۷ تا ۲۰۱۰ را نشان می‌دهد. به‌طور کلی بر پایه نتایج پیش‌بینی مدل، مقدار میانگین متوسط دما در سه سناریوی A1B، A2 و B1 نسبت به دوره پایه به ترتیب برابر ۰/۶۵، ۰/۷۴ و ۰/۶۶ درجه سانتی‌گراد افزایش می‌یابد. تغییرات مقدار ساعات آفتابی در دوره ۲۰۱۱ تا ۲۰۳۰ نسبت به دوره پایه متغیر بوده و روند افزایشی را به‌همراه دارد به‌طوری که بیش‌ترین مقدار مربوط به سناریوی A1B می‌باشد (جدول ۲). براساس یافته‌های این پژوهش مقادیر متوسط سالیانه بارش به مقدار ۸۱/۲، ۸۰/۳ و ۶۴/۹۹ میلی‌متر به ترتیب در سه سناریوی A1B، A2 و B1 نسبت به دوره پایه کاهش پیدا کرده است. چگونگی تغییرات پارامترهای اقلیمی دما و بارش شبیه‌سازی شده با نتایج به‌دست آمده از سایر پژوهشگران تا حد زیادی مطابقت دارد. آشفته در شبکه آبیاری آیدوغموش افزایش دما بین ۱ تا ۱/۸ درجه سانتی‌گراد و اخوان و همکاران (۱۳۹۴) و نیز افزایش دما ۰/۸۱ درجه‌ای برای دشت همدان بهار را پیش‌بینی نموده‌اند (Ashofte, 2012). نتایج بررسی‌های مربوط به محاسبات ET₀، در هر دو روش بلانی کریدل و فائو پنمن ماتیت، در شکل‌های ۶ و ۷ به‌ترتیب نمایش داده می‌شود. مطابق نمودارهای زیر یک روند افزایشی در ترکیب هر سه سناریو و روش‌های محاسبه تبخیر و تعرق مشاهده می‌گردد، به-طوری که بیشترین افزایش ET₀ در روش بلانی کریدل به‌مقدار ۷/۶۳، ۸/۵۶ و ۷/۷۶ درصد و در روش فائو پنمن ماتیت ۵/۱۱، ۵/۸۴ و ۵/۱۱ درصد به‌ترتیب در سه سناریوی A1B، A2 و B2 خواهد بود. هم‌چنین علت تغییرات زیاد این پارامتر در سناریوی A2 این است که افزایش دما در سناریوی A2 برابر ۲ تا ۵/۴ درجه سانتی‌گراد در نظر گرفته شده و این خود دلیل بر تغییرات زیاد اعداد این سناریو می‌باشد. مشابه نتایج این تحقیق، دهقان و همکاران (۱۳۹۳) و اخوان و همکاران (۱۳۹۴) افزایش تبخیر و تعرق را در مناطق مطالعاتی خود پیش‌بینی نموده‌اند.

نتایج جداول ۲ و ۳ به‌ترتیب، تغییرات پارامترهای طراحی در دوره پایه و آینده به روش بلانی کریدل و فائو پنمن ماتیت را نشان می‌دهد. در تمامی مزارع مورد ارزیابی به علت افزایش تبخیر و تعرق و به دنبال آن افزایش هیدرومدول آبیاری از ۱/۸۵ به ۲/۲۲، ۲/۲۳ و

که در آن V_{min}TR شاخص نسبت حداقل سرعت در لوله‌های انتقال آب، V_{min}T حداقل سرعت محاسبه شده در لوله‌های انتقال برحسب متر بر ثانیه و V_{min}TP حداقل سرعت مجاز در لوله‌های انتقال برحسب متر بر ثانیه می‌باشد و کاهش این نسبت احتمال رسوب ذرات ریزدانه در لوله‌های انتقال را موجب می‌گردد (Mahdavi and Monaam, 2010).

شاخص پایداری مساحت آبیاری (ESI): این شاخص عبارتست از نسبت سطح تحت آبیاری فعلی، PIA، به سطح تحت آبیاری اولیه، IIA (Perez Urrestarazu et al., 2010). در این شاخص فرض گردیده که اگر ظرفیت آبدی سیستم قادر به تامین نیاز آبی مورد نظر نباشد، مساحت آبیاری چه تغییری خواهد نمود.

$$ESI = \frac{PIA}{IIA} \quad (9)$$

کفایت دبی: این شاخص بیان‌کننده چگونگی توزیع دبی در بین نقاط آبیاری شبکه می‌باشد:

$$\frac{Fs}{a} = \frac{F}{Fa} * 100 \quad (10)$$

که در آن F، دبی شبیه‌سازی شده بعد از تاثیرگذاری تغییرات اقلیمی در نقطه مورد نظر بر حسب لیتر بر ثانیه و F_a دبی مورد نظر در بخش طراحی بر حسب هیدرومدول و مساحت تحت پوشش در نقطه مورد نظر می‌باشد. چنانچه مقدار این شاخص کوچک‌تر از ۱۰۰ باشد، نشان‌دهنده آن است که آبیگر مورد نظر دبی پایین‌تری را از دبی موردانتظار تامین می‌نماید.

کفایت توزیع فشار: این شاخص بیان‌کننده چگونگی توزیع فشار در بین نقاط آبیاری شبکه می‌باشد:

$$Ps/a = \frac{Ps}{Pa} \quad (11)$$

که در آن Ps، فشار طراحی شده در نقطه مورد نظر بعد از تاثیرگذاری تغییرات اقلیمی بر حسب متر و Pa فشار در نقطه مورد نظر در دوره حال می‌باشد. چنانچه مقدار این شاخص کوچک‌تر از یک باشد، نشان‌دهنده آن است که آبیگر مورد نظر در فشار پایین‌تری از فشار مورد نظر در طراحی می‌باشد (Perez Urrestarazu et al., 2010, Gorantiwar et al., 2008).

بحث و نتایج

جدول ۲ مقادیر متوسط سالیانه دمای حداقل، دمای حداکثر، دمای متوسط، بارش و ساعات آفتابی را با استفاده از مدل HadCM3 و تحت سناریوهای A1B، A2 و B2 در بازه زمانی ۲۰۱۱ تا ۲۰۳۰ نشان می‌دهد.

همچنین میانگین مقادیر ماهانه متغیرهای اقلیمی دمای حداقل، دمای حداکثر، دمای متوسط، بارش و تابش خورشیدی در

ارزیابی برابر ۱۷/۳، ۱۸/۱ و ۱۵/۹ درصد در روش بلانی کریدل و ۱۴/۴، ۱۵/۱ و ۱۴/۴ درصد در روش فائو پنمن مانیتث در سه سناریو A1B، A2 و B2 می‌باشد.

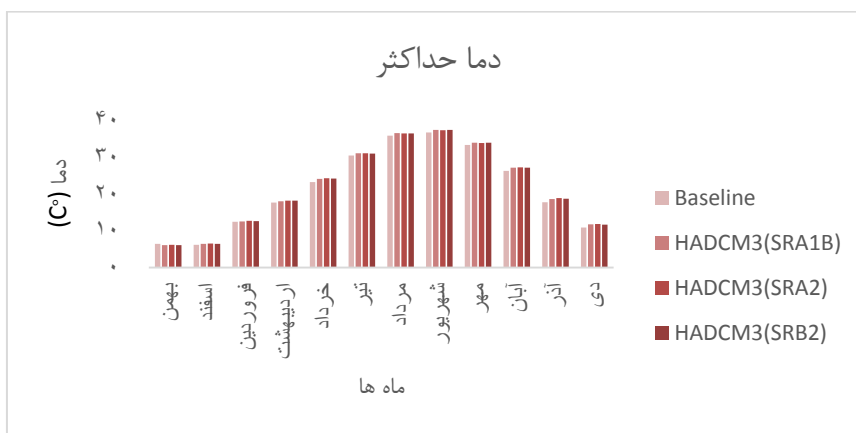
۲/۲۲ در روش بلانی کریدل از ۱/۸۵ به ۲/۱۶، ۲/۱۸ و ۲/۱۶ لیتر بر ثانیه بر هکتار به ترتیب در سه سناریو A1B، A2 و B2 تغییر پیدا کرده است (جداول ۳ و ۴). به عبارت دیگر مطابق شکل‌های شماره ۸ و ۱۳ به ترتیب مقادیر متوسط هیدرومدول آبیاری در سیستم‌های مورد

جدول ۲- متوسط سالیانه دما، بارش و ساعات آفتابی در دوره پایه و دوره آینده شهرستان سنقر، استان کرمانشاه

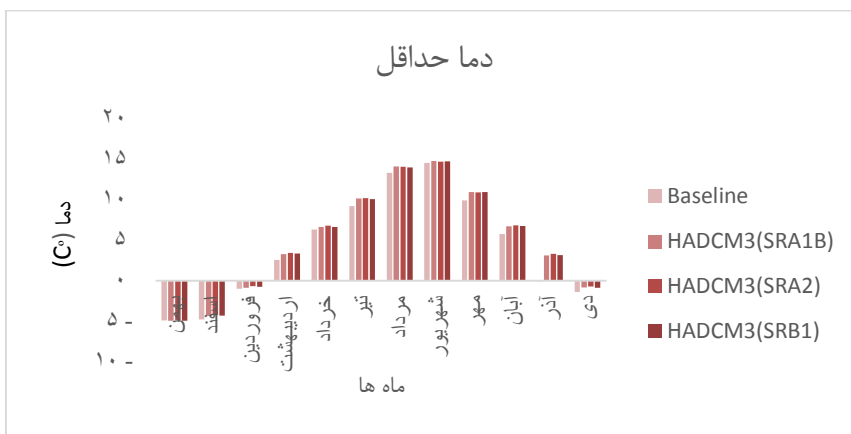
سناریو	دوره پایه			دوره آینده		
	A1B	A2	B2	A1B	A2	B2
متوسط سالیانه دما حداقل (°C)	۴/۱۳	۴/۹	۴/۹	۴/۹	۴/۹۸	۴/۹
متوسط سالیانه دما حداکثر (°C)	۲۱/۴	۲۱/۹۵	۲۱/۹۵	۲۱/۹۵	۲۲/۰۳	۲۱/۹۵
متوسط سالیانه دما متوسط (°C)	۱۲/۷۷	۱۳/۴۲	۱۳/۴۲	۱۳/۴۲	۱۳/۵۱	۱۳/۴۳
متوسط مجموع سالیانه بارش (mm)	۳۵۷/۸۱	۲۷۶/۶۱	۲۷۶/۶۱	۲۷۶/۶۱	۲۷۷/۷۸	۲۹۲/۸۲
متوسط سالیانه ساعات آفتابی (hr)	۷/۸۷	۸/۲۴	۸/۲۴	۸/۲۴	۸/۲۳	۸/۲

تعرق این افزایش و کاهش مشاهده می‌گردد. به تبع افزایش دبی در تمامی مزارع، شاخص نسبت حداکثر و حداقل سرعت در تمامی سیستم‌های مورد بررسی نیز افزایش پیدا خواهد کرد. مقادیر فشار و توان مصرفی در دوره پایه و آینده در هر دو روش بلانی کریدل و فائو پنمن مانیتث به ترتیب در جداول ۵ و ۶ و نیز درصد تغییرات آن‌ها در شکل‌های ۱۴ تا ۱۸ آورده شده است. در بررسی‌های تغییرات فشار در هر دو روش محاسباتی تبخیر و تعرق، به دلیل افزایش نیاز آبی و دبی سیستم‌های مورد ارزیابی، افت فشار در سناریوهای مورد نظر در سیستم‌های آبیاری افزایش می‌یابد که این افزایش افت، ناهمگونی‌هایی در تامین فشار در ابتدای لترال‌های بحرانی در پی خواهد داشت (جداول ۵ و ۶). چنان‌چه فشار در ابتدای خط بحرانی در سیستم شماره ۱ از مقدار ۴۰/۲۷ متر به ۴۲/۴۵، ۴۲/۴۵ و ۴۲/۴۵ متر، سیستم شماره ۲ از ۳۷/۲۹ متر به ۳۷/۴۶، ۳۷/۴۶ و ۳۷/۴۶ متر، سیستم شماره ۳ از ۳۱/۵۱ به ۳۱/۵۹، ۳۱/۵۹ و ۳۱/۵۹ متر، سیستم شماره ۴ از ۱۰۳/۲ متر به ۱۱۲/۱، ۱۱۲/۲ و ۱۱۲ برسد.

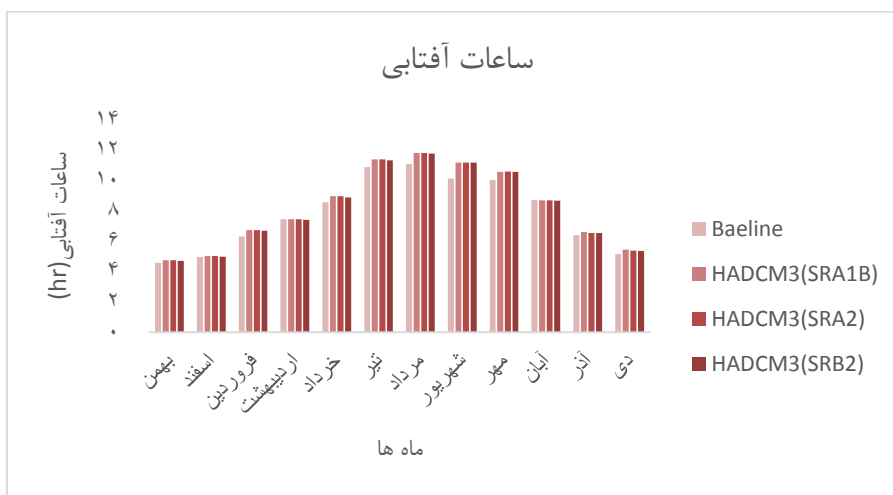
بنابراین با فرض تامین شدن آب مصرفی توسط سیستم‌های آبیاری دبی کل مورد نیاز جهت آبیاری مزارع افزایش پیدا خواهد کرد. همچنین، براساس روش بلانی کریدل دبی در مزرعه ۱ از ۷/۶۹ به ۹/۲، ۹/۲۷ و ۹/۲، در مزرعه ۲ از ۵/۶۹ به ۵/۸۳، ۵/۸۳ و ۵/۸۳، در مزرعه ۳ از ۳/۰۲ به ۳/۴۱، ۳/۴۱ و ۳/۴۱، در مزرعه ۴ از ۱۸/۷۶ به ۲۱/۵۴، ۲۱/۷ و ۲۱/۵ و در مزرعه ۵ از ۷/۵۹ به ۸/۶۴، ۸/۶۴ و ۸/۶۴ لیتر بر ثانیه به ترتیب در سه سناریو A1B، A2 و B2 رسیده است (جدول ۳). نتایج براساس روش فائو پنمن - مانیتث نشان می‌دهد که دبی مورد نیاز سیستم آبیاری در دوره آینده در مزارع ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵ به ترتیب برابر ۹/۲۲، ۵/۸۴، ۳/۴۲، ۲۱/۵۸ و ۸/۶۶ لیتر بر ثانیه و درصد تغییرات آن‌ها برابر ۱۰/۱، ۱۰/۸ و ۱۰/۱ درصد افزایش خواهد داشت (شکل ۱۳). بیش‌ترین افزایش، مربوط به مزرعه شماره ۴ به دلیل بالا بودن مساحت و کشت محصول آب‌بر نظیر یونجه و کم‌ترین افزایش، مربوط به مزرعه شماره ۲ به دلیل پایین بودن هیدرومدول طراحی می‌باشد که در هر دو روش محاسباتی تبخیر و



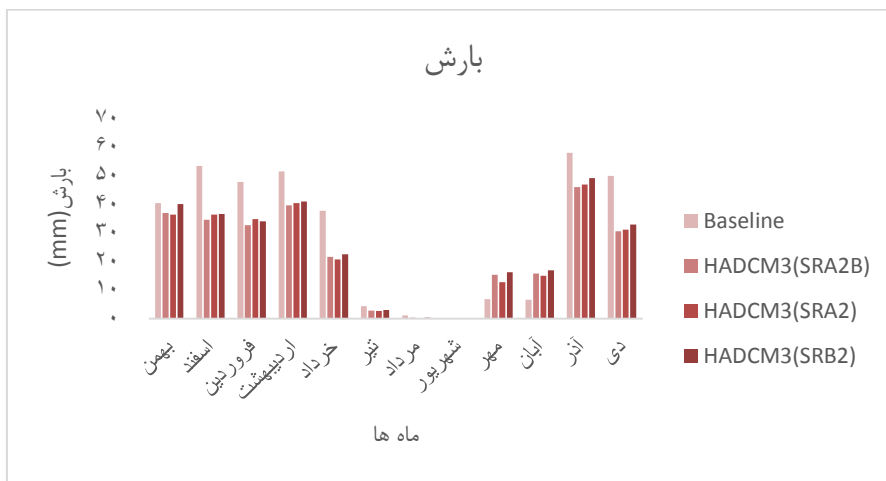
شکل ۲- متوسط ماهیانه دما حداکثر در دوره پایه و دوره آینده شهرستان سنقر، استان کرمانشاه



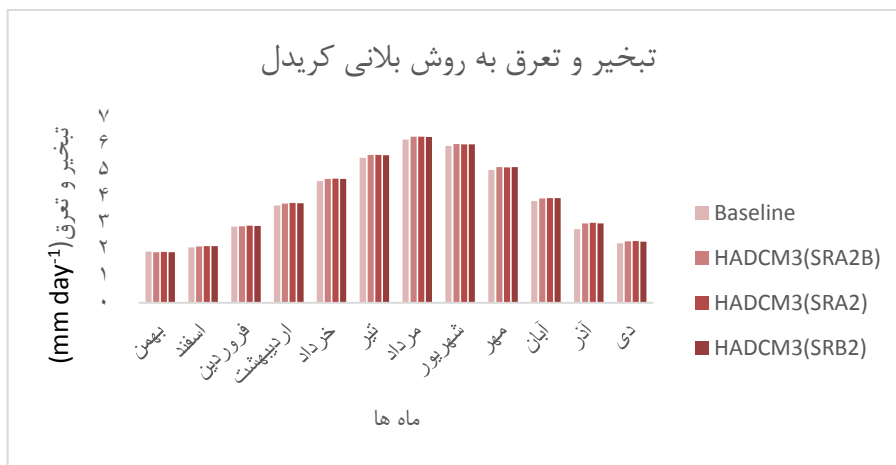
شکل ۳- متوسط ماهیانه دما حداقل در دوره پایه و دوره آینده شهرستان سنقر، استان کرمانشاه



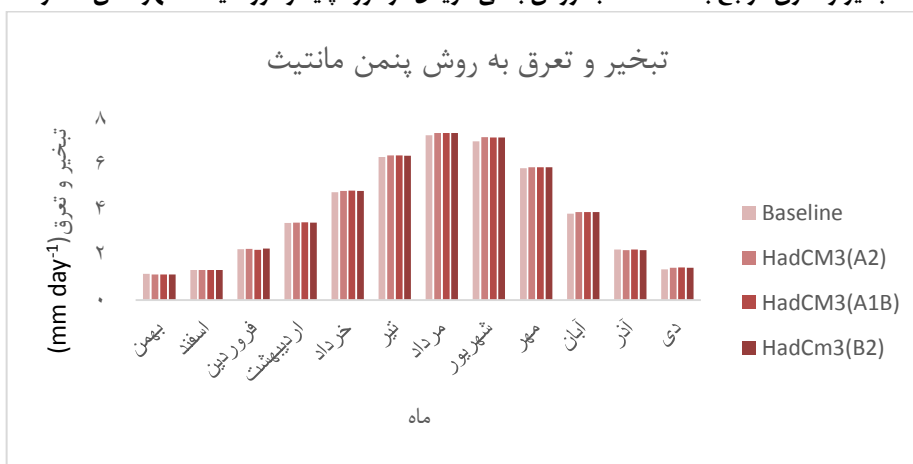
شکل ۴- متوسط ماهیانه ساعات آفتابی در دوره پایه و دوره آینده شهرستان سنقر، استان کرمانشاه



شکل ۵- متوسط کل بارش ماهیانه در دوره پایه و دوره آینده شهرستان سنقر، استان کرمانشاه



شکل ۶- متوسط تبخیر و تعرق مرجع بدست آمده به روش بلانی کریدل در دوره پایه و دوره آینده شهرستان سنقر، استان کرمانشاه



شکل ۷- متوسط تبخیر و تعرق مرجع بدست آمده به روش پنمن مانتیث در شرایط کمبود داده در دوره پایه و دوره آینده شهرستان سنقر، استان کرمانشاه

جدول ۳- مقادیر پارامترهای طراحی در دوره پایه و دوره آینده در مزارع مورد مطالعه به روش بلانی کریدل، شهرستان سنقر، استان کرمانشاه

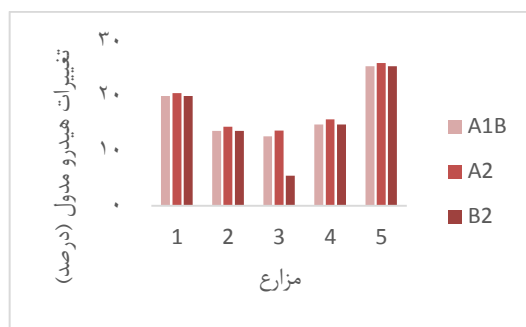
مزرعه	تبخیر و تعرق (mm day ⁻¹)				هیدرومدول (Lit sec ⁻¹ ha ⁻¹)				دبی (Lit sec ⁻¹)			
	B2	A2	A1B	پایه	B2	A2	A1B	پایه	B2	A2	A1B	پایه
۱	۱۰/۷۷	۱۰/۸۵	۱۰/۷۶	۱۰	۲/۲۲	۲/۲۳	۲/۲۲	۱/۸۵	۲/۲۲	۲/۲۳	۲/۲۲	۱/۸۵
۲	۸/۰۷	۸/۱۴	۸/۰۷	۷/۵	۱/۵	۱/۵۱	۱/۵	۱/۳۲	۵/۸۳	۵/۸۸	۵/۸۳	۵/۶۹
۳	۱۱/۱	۱۱/۱۷	۱۱/۱	۱۰/۳	۲/۰۷	۲/۰۵	۱/۸۲	۱/۸۲	۳/۴۱	۳/۴۴	۳/۴۱	۳/۰۲
۴	۷	۷/۰۲	۷	۶/۵	۱/۲۴	۱/۲۴	۱/۰۸	۱/۰۸	۲۱/۵	۲۱/۷	۲۱/۵۴	۱۸/۷۶
۵	۱۰/۷۶	۱۰/۸۵	۱۰/۷۶	۱۰	۲/۲۲	۲/۲۳	۲/۲۲	۱/۷۷	۸/۶۴	۸/۷۱	۸/۶۴	۷/۵۹

جدول ۴- مقادیر پارامترهای طراحی در دوره پایه و دوره آینده در مزارع مورد مطالعه به روش فائو پنمن مانتیث، شهرستان سنقر، استان کرمانشاه

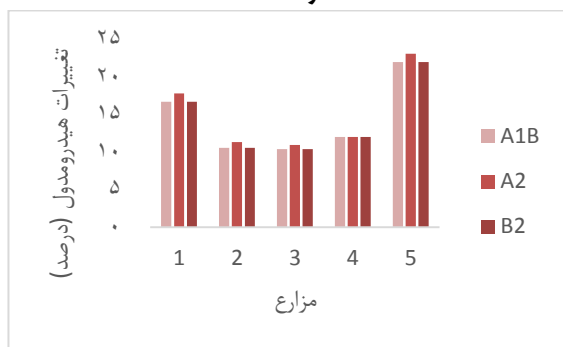
مزرعه	تبخیر و تعرق (mm day ⁻¹)				هیدرومدول (Lit sec ⁻¹ ha ⁻¹)				دبی (Lit sec ⁻¹)			
	B2	A2	A1B	پایه	B2	A2	A1B	پایه	B2	A2	A1B	پایه
۱	۱۰/۵۱	۱۰/۵۸	۱۰/۵۱	۱۰	۲/۱۶	۲/۱۸	۲/۱۶	۱/۸۵	۸/۹۸	۹/۰۴	۸/۹۸	۷/۶۹
۲	۷/۸۸	۷/۹۳	۷/۸۸	۷/۵	۱/۴۶	۱/۴۷	۱/۴۶	۱/۳۲	۵/۷	۵/۷۴	۵/۷	۵/۶۹
۳	۱۰/۸۲	۱۰/۹	۱۰/۸۲	۱۰/۳	۲/۰۱	۲/۰۲	۲/۰۱	۱/۸۲	۲/۳۳	۳/۳۵	۳/۳۳	۳/۰۲
۴	۶/۸۳	۶/۸۷	۶/۸۳	۶/۵	۱/۲۱	۱/۲۱	۱/۰۸	۱/۰۸	۲۱/۰۲	۲۱/۱۶	۲۱/۰۲	۱۸/۷۶
۵	۱۰/۵۱	۱۰/۵۸	۱۰/۵۱	۱۰	۲/۱۶	۲/۱۸	۲/۱۶	۱/۷۷	۸/۴۴	۸/۵	۸/۴۴	۷/۵۹



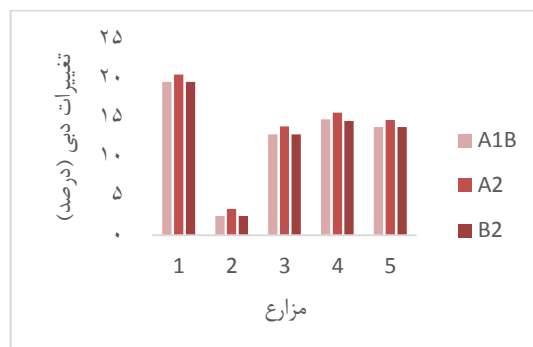
شکل ۹- تغییرات تبخیر و تعرق نسبت به دوره پایه در مزارع مورد مطالعه به روش بلانی کریدل، شهرستان سنقر، استان کرمانشاه



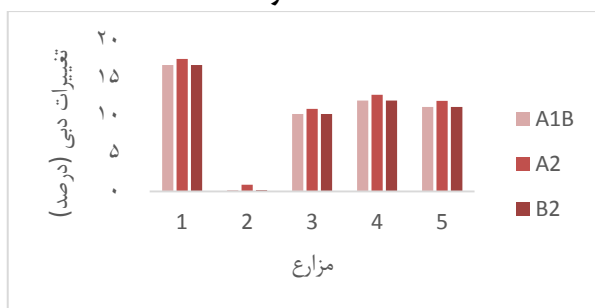
شکل ۸- تغییرات هیدرومدول نسبت به دوره پایه در مزارع مورد مطالعه به روش بلانی کریدل، شهرستان سنقر، استان کرمانشاه



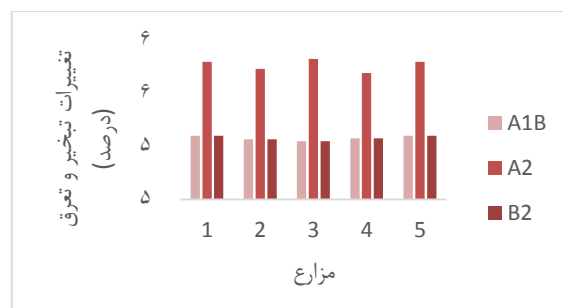
شکل ۱۱- تغییرات هیدرومدول نسبت به دوره پایه در مزارع مورد مطالعه به روش فائو پنمن مانتیث، شهرستان سنقر، استان کرمانشاه



شکل ۱۰- تغییرات دبی نسبت به دوره پایه در مزارع مورد مطالعه به روش بلانی کریدل، شهرستان سنقر، استان کرمانشاه



شکل ۱۳- تغییرات دبی نسبت به دوره پایه در مزارع مورد مطالعه به روش فائو پنمن مانتیث، شهرستان سنقر، استان کرمانشاه



شکل ۱۲- تغییرات تبخیر و تعرق نسبت به دوره پایه در مزارع مورد مطالعه به روش فائو پنمن مانتیث، شهرستان سنقر، استان کرمانشاه

بوده که علاوه بر مشکلات ناشی از تامین فشار در ابتدای خطوط بحرانی، به دلیل استفاده از لوله‌های پلی اتیلنی ۱۰ اتمسفری، امکان شکست در طول لوله‌های مذکور به علت تغییر فشار ۱۰ متری در ابتدای خطوط وجود دارد. مطابق نتایج جدول ۵ مقدار شاخص تغییرات فشار در ابتدای خط بحرانی نیز موید همین نکته می‌باشد که بیشترین تغییرات فشار در سیستم شماره ۴ بوده که مشکلاتی نظیر شکست لوله، ناهمگونی فشار و تامین نشدن فشار در ابتدای خط

متر و در سیستم شماره ۵ از ۳۶/۳ متر به ۳۷/۳، ۳۷/۸۴ و ۳۷/۷ متر به ترتیب در سه سناریو A1B، A2 و B2، در روش محاسباتی بلانی کریدل تغییر پیدا خواهد کرد. در روش برآورد تبخیر و تعرق فائو پنمن - مانتیث نیز مقادیر متوسط فشار در ابتدای خط بحرانی از ۴۹/۷۱ به ۵۲/۱۲، ۵۲/۳۷ و ۵۲/۱۲ متر در سناریوهای مذکور به ترتیب تغییر پیدا خواهد کرد. هم‌چنین بیشترین تغییرات فشار در ابتدای خطوط بحرانی در طراحی سیستم‌ها مربوط به سیستم شماره ۴

بحرانی را در پی خواهد داشت. هم‌چنین علت تفاوت ۴ درصدی تغییرات فشار در مزرعه شماره دو و تحت سناریوی A2 کشت با نیاز آبی بالا و افزایش درجه حرارت دما می‌باشد (شکل ۱۴ و ۱۵). در بررسی‌های انجام گرفته بر روی سیستم‌های مورد نظر و مطابق نتایج جداول ۵ و ۶ مقادیر متوسط افت فشار در هر صد متر در روش بلانی کریدل در دوره پایه و سه سناریو مورد بررسی A1B، A2 و B2 به ترتیب ۱، ۱/۲، ۱/۲۴ و ۱/۲ متر و در روش فائو پنمن مانتیث برابر ۱، ۱/۱۸، ۱/۱۸ و ۱/۱۸ متر بود که احتیاج به تغییر آب‌پاش و یا تنظیم فشار در ابتدا خط نخواهد داشت. در بررسی‌های صورت گرفته تغییرات پارامترها بین دو روش برآورد تبخیر و تعرق نیز به دلیل تفاوت در روش‌های محاسباتی آن‌ها بوده و روش فائو پنمن مانتیث دارای پیچیدگی‌های خاصی بوده که در روش بلانی کریدل این پیچیدگی‌ها موجود نمی‌باشد. به‌طور مثال در روش بلانی کریدل افزایش درجه حرارت به دلیل در نظر گرفتن تغییرات صرف دمایی در رابطه محاسباتی، باعث بوجود آمدن تفاوت بیش‌تری نسبت به روش فائو پنمن مانتیث خواهد بود. در بررسی سناریوهای مورد بررسی در جداول ۵ و ۶ بیش‌ترین تفاوت بین مقادیر سناریوها و تغییرات فشار در ابتدای خط بحرانی، تغییرات افت فشار در هر صد متر و تغییرات توان مصرفی نسبت به دوره پایه مربوط به سناریو A2 بوده که نشان‌دهنده بحرانی‌ترین حالت ممکن در بین عوامل تغییر اقلیم می‌باشد. در بین پارامترها و سناریوهای مورد بررسی بیش‌ترین تغییرات فشار در ابتدای خط بحرانی مربوط به سیستم شماره ۴ در هر دو روش محاسباتی است که نشان از تغییرات سطح زیر کشت و افزایش دبی مصرفی آب می‌باشد. ولی در بررسی تغییرات افت فشار در هر صد متر لوله، بیش‌ترین تغییرات نسبت به دوره پایه مربوط به سیستم شماره ۱ و در هر دو روش محاسباتی تبخیر و تعرق می‌باشد که به دلیل طراحی نادرست لوله فرعی مورد نظر است. افزایش توان مصرفی در مزارع باعث افزایش هزینه انرژی می‌گردد. بنابراین در سیستم‌های مورد بررسی به دلیل افزایش دبی مورد نیاز و افزایش افت در لوله‌ها، اتصالات و ضمایم موجود، افزایش توان مصرفی را در پی خواهد داشته است. مطابق نتایج جداول شماره ۵ و ۶، بیش‌ترین تغییرات توان مصرفی مربوط به سیستم شماره ۱ با مقادیر ۲۶/۳، ۲۷/۷ و ۲۶/۳ درصد و کم‌ترین تغییرات مربوط به سیستم شماره ۲ با مقادیر ۲/۷، ۲/۷ و ۴/۱ درصد به ترتیب در سناریوهای A1B، A2 و B2 بوده که به علت بیش برآورد پمپ مورد نظر از نظر نقطه کار مشخص در طراحی اولیه سیستم‌ها، احتیاجی به تغییر پمپ به دلیل افزایش دبی و افت انرژی نخواهد بود.

در بررسی سرعت آب در لوله‌ها، افزایش سرعت حداکثر بیانگر

بیش‌تر شدن سرعت در محدوده‌ای بالاتر از حد مجاز (۱/۸ متر بر ثانیه) است و این شاخص نسبت به دوره پایه به ترتیب در سه سناریو مورد بررسی A1B، A2 و B2 و در روش محاسباتی تبخیر و تعرق به روش بلانی کریدل، در مزارع مورد بررسی به‌طور متوسط ۱۹/۶، ۲۰/۶ و ۱۹/۶ درصد و در روش فائو پنمن - مانتیث، ۱۰/۸، ۱۰/۸ و ۱۰/۸ درصد افزایش یافته است (جداول شماره ۷ و ۸). در بررسی شاخص نسبت حداکثر سرعت در سناریوهای مورد بررسی، بیش‌ترین تغییر مربوط به مزرعه شماره ۴ به دلیل افزایش مصرف آب در مزرعه مذکور بود که خطرات پدیده ضربه قوچ را در لوله‌های اصلی و فرعی بالا می‌برد. هم‌چنین در خصوص شاخص نسبت حداقل سرعت افزایش این پارامتر در تمامی سیستم‌های مورد بررسی وجود خواهد داشت. به‌عبارت دیگر مطابق جدول ۷ و ۸ بیش‌ترین افزایش در رابطه با پارامتر شاخص نسبت حداقل سرعت، در هر دو روش برآورد نمودن تبخیر و تعرق، مربوط به سیستم شماره یک بوده که به دلیل لب مرز برآورد کردن قطر لوله اصلی توسط طراح به‌وجود آمده و مشکلی از لحاظ رسوب‌گذاری در لوله‌های مورد بررسی برای سیستم‌های منتخب ایجاد نمی‌کند. نتایج این قسمت نیز با نتایج مطالعات دهقان و همکاران (۱۳۹۳) هم‌خوانی دارد.

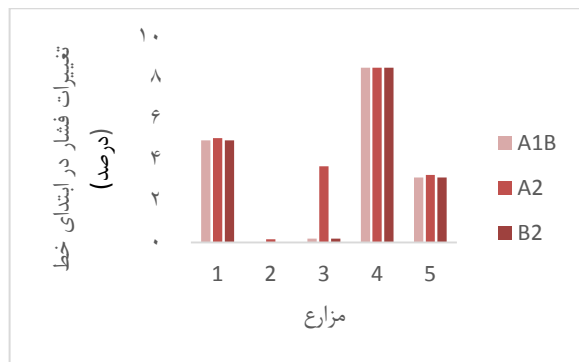
جداول شماره ۹ و ۱۰ نتایج بررسی شاخص‌های پایداری مساحت آبیاری، کفایت آبیاری و کفایت فشار در مزارع مورد مطالعه در دوره آینده در هر دورش بلانی کریدل و فائو پنمن مانتیث را نشان می‌دهند. در خصوص شاخص پایداری مساحت آبیاری ذکر این نکته حایز اهمیت می‌باشد که به دلیل افزایش تبخیر و تعرق و فرض برآورده نکردن مقدار دبی مورد نیاز توسط منبع آب‌های ذکر شده در جدول ۱ کلیه مساحت‌های تحت پوشش کاهش پیدا خواهد کرد. با توجه به نتایج مندرج در جداول ۹ و ۱۰، بیش‌ترین تغییرات شاخص پایداری مساحت آبیاری به ترتیب در روش‌های محاسباتی تبخیر و تعرق بلانی کریدل و فائو پنمن مانتیث مربوط به سیستم شماره ۴ با مقادیر متوسط ۰/۶۸ و ۰/۷۲ درصد در سه سناریو مورد بررسی و کم‌ترین تغییرات این شاخص در روش بلانی کریدل مربوط به سیستم شماره ۳ با مقدار ۰/۸۹ درصد و در روش فائو پنمن مانتیث مربوط به سیستم شماره ۲ می‌باشد که کم‌ترین تغییرات در مساحت تحت کشت را به دلیل کشت محصولات کم‌آب‌بر به‌همراه خواهد داشت. به عبارت دیگر اگر فرض تامین شدن آب در مواجهه با تغییر اقلیم که در قسمت مواد و روش‌ها ذکر شد برقرار نباشد، در هیچ کدام از سیستم‌های مورد پژوهش دبی موجود کفاف سطح آبیاری شده مذکور نبوده و به‌همین دلیل شاخص کفایت دبی ارقامی زیر ۱۰۰ درصد می‌باشد

جدول ۵- مقادیر فشار و توان مصرفی در دوره پایه و آینده در مزارع مورد مطالعه به روش بلانی کریدل، شهرستان سنقر، استان کرمانشاه

مزرعه	فشار در ابتدای خط (m)				افت فشار در صد متر لوله (m)				شاخص تغییرات فشار در ابتدای خط بحرانی (%)				توان مصرفی (Kw)			
	پایه	A1B	A2	B2	پایه	A1B	A2	B2	A1B	A2	B2	پایه	A1B	A2	B2	
۱	۴۰/۲۷	۴۲/۴۵	۴۲/۵۱	۴۲/۴۵	۱	۱/۴	۱/۵	۱/۴	۵/۳	۵/۵۹	۵/۴۳	۲/۱۳	۲/۶۹	۲/۷۲	۲/۶۹	
۲	۳۷/۲۹	۳۷/۴۶	۳۷/۵۳	۳۷/۴۶	۱/۶	۱/۶	۱/۷	۱/۶	۰/۴۷	۰/۶۴	۰/۴۷	۱/۴۶	۱/۵	۱/۵۲	۱/۵	
۳	۳۱/۵۱	۳۱/۵۹	۳۱/۶	۳۱/۵۹	۰/۵	۰/۶	۰/۶	۰/۶	۰/۲۶	۰/۲۹	۰/۲۶	۰/۶۵	۰/۷۴	۰/۷۵	۰/۷۴	
۴	۱۰۳/۲	۱۱۲/۱	۱۱۲/۲	۱۱۲/۱	۰/۹	۱/۱	۱/۱	۱/۱	۸/۶۵	۸/۷	۸/۶۵	۱۳/۳۵	۱۶/۶۵	۱۶/۷۷	۱۶/۶۵	
۵	۳۶/۳	۳۷/۷	۳۷/۸۴	۳۷/۷	۱	۱/۳	۱/۳	۱/۳	۳/۹۵	۴/۲۴	۳/۹۶	۱/۹	۲/۲۵	۲/۲۷	۲/۲۵	

جدول ۶- مقادیر فشار و توان مصرفی در دوره پایه و آینده در مزارع مورد مطالعه به روش فائو پنمن مانتیث، شهرستان سنقر، استان کرمانشاه

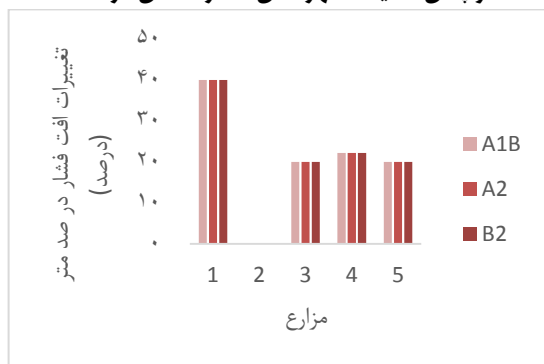
مزرعه	فشار در ابتدای خط (m)				افت فشار در صد متر لوله (m)				شاخص تغییرات فشار در ابتدای خط بحرانی (%)				توان مصرفی (Kw)			
	پایه	A1B	A2	B2	پایه	A1B	A2	B2	A1B	A2	B2	پایه	A1B	A2	B2	
۱	۴۰/۲۷	۴۲/۴۵	۴۲/۵۱	۴۲/۴۵	۱	۱/۴	۱/۵	۱/۴	۵/۴۳	۵/۵۹	۵/۴۳	۲/۱۳	۲/۶۹	۲/۷۲	۲/۶۹	
۲	۳۷/۲۹	۳۷/۴۶	۳۷/۵۳	۳۷/۴۶	۱/۶	۱/۶	۱/۷	۱/۶	۰/۴۷	۰/۶۴	۰/۴۷	۱/۴۶	۱/۵	۱/۵۲	۱/۵	
۳	۳۱/۵۱	۳۱/۵۹	۳۱/۶	۳۱/۵۹	۰/۵	۰/۶	۰/۶	۰/۶	۰/۲۶	۰/۲۹	۰/۲۶	۰/۶۵	۰/۷۴	۰/۷۵	۰/۷۴	
۴	۱۰۳/۲	۱۱۲/۱	۱۱۲/۲	۱۱۲/۱	۰/۹	۱/۱	۱/۱	۱/۱	۸/۶۵	۸/۷	۸/۶۵	۱۳/۳۵	۱۶/۶۵	۱۶/۷۷	۱۶/۶۵	
۵	۳۶/۳	۳۷/۷	۳۷/۸۴	۳۷/۷	۱	۱/۳	۱/۳	۱/۳	۳/۹۵	۴/۲۴	۳/۹۶	۱/۹	۲/۲۵	۲/۲۷	۲/۲۵	



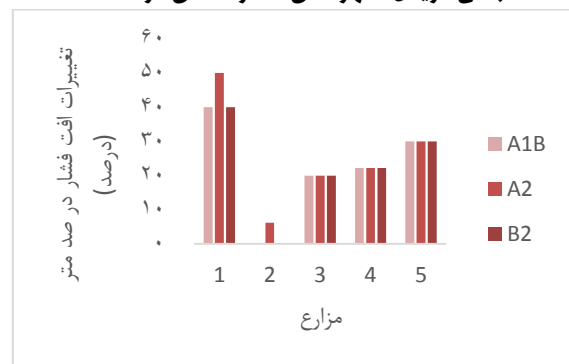
شکل ۱۵- تغییرات فشار در ابتدای خط نسبت به دوره پایه به روش فائو پنمن مانتیث، شهرستان سنقر، استان کرمانشاه



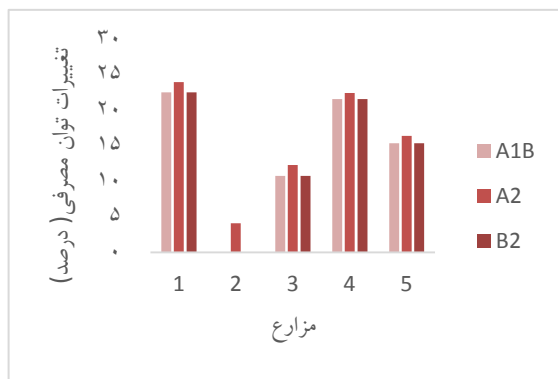
شکل ۱۴- تغییرات فشار در ابتدای خط نسبت به دوره پایه به روش بلانی کریدل، شهرستان سنقر، استان کرمانشاه



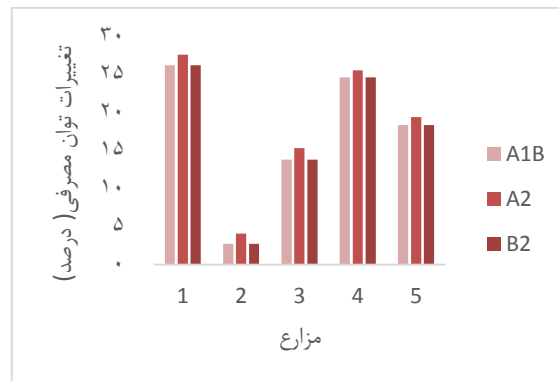
شکل ۱۷- تغییرات افت فشار در صد متر نسبت به دوره پایه به روش فائو پنمن مانتیث، شهرستان سنقر، استان کرمانشاه



شکل ۱۶- تغییرات افت فشار در صد متر نسبت به دوره پایه به روش بلانی کریدل، شهرستان سنقر، استان کرمانشاه



شکل ۱۹- تغییرات توان مصرفی نسبت به دوره پایه به روش فائو پنمن مانتیث، شهرستان سنقر، استان کرمانشاه



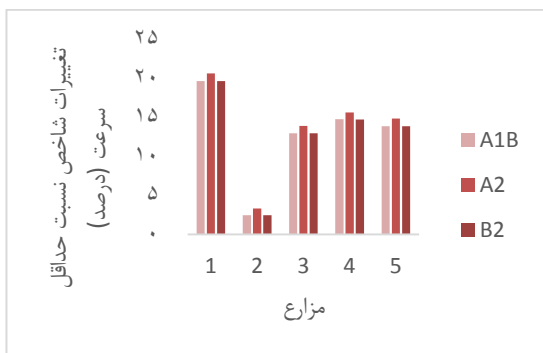
شکل ۱۸- توان مصرفی نسبت به دوره پایه به روش بلانی کریدل، شهرستان سنقر، استان کرمانشاه

جدول ۷- مقادیر سرعت و شاخص‌های آن در دوره پایه و آینده در مزارع مورد مطالعه به روش فائو پنمن مانتیث، شهرستان سنقر، استان کرمانشاه

مزرعه	سرعت ($m s^{-1}$)				شاخص نسبت حداکثر سرعت (%)				شاخص نسبت حداقل سرعت (%)			
	پایه	A1B	A2	B2	پایه	A1B	A2	B2	پایه	A1B	A2	B2
۱	۰/۹۸	۱/۱۷	۱/۱۸	۱/۱۷	۵۴/۴۱	۶۵/۰۸	۶۵/۰۸	۶۵/۰۸	۶۳/۲	۹۵/۲	۹۶/۸	۹۵/۲
۲	۱/۰۸	۱/۱۱	۱/۱۲	۱/۱۱	۶۰/۱۶	۶۱/۶۵	۶۲/۱۶	۶۱/۶۵	۸۰/۵	۸۴/۹	۸۶/۵	۸۴/۹
۳	۰/۵۷	۰/۶۵	۰/۶۵	۰/۶۵	۳۱/۹	۳۶/۰۴	۳۶/۳۴	۳۶/۰۴	-۴/۳	۸/۱	۹	۸/۱
۴	۱/۱۳	۱/۳	۱/۳۱	۱/۳	۶۲/۷۵	۷۲/۰۲	۷۲/۵۶	۷۲/۰۲	۷۲	۱۱۶/۱	۱۱۷/۷	۱۱۶/۱
۵	۰/۹۷	۱/۱	۱/۱۱	۱/۱	۵۳/۷	۶۱/۱۴	۶۱/۶۵	۶۱/۱۴	۶۱/۱	۸۳/۴	۸۵	۸۳/۴

جدول ۸- مقادیر سرعت و شاخص‌های آن در دوره پایه و آینده در مزارع مورد مطالعه به روش فائو پنمن مانتیث، شهرستان سنقر، استان کرمانشاه

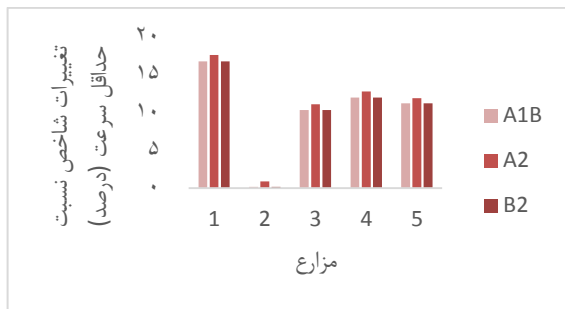
مزرعه	سرعت ($m s^{-1}$)				شاخص نسبت حداکثر سرعت (%)				شاخص نسبت حداقل سرعت آب در لوله (%)			
	پایه	A1B	A2	B2	پایه	A1B	A2	B2	پایه	A1B	A2	B2
۱	۰/۹۸	۱/۱۴	۱/۱۵	۱/۱۴	۵۴/۴۲	۶۳/۵	۶۴	۶۳/۵	۶۳/۲	۹۰/۶	۹۲	۹۰/۶
۲	۱/۰۸	۱/۰۸	۱/۰۹	۱/۰۸	۶۰/۱۴	۶۰/۲۴	۶۰/۲۴	۶۰/۲۴	۸۰/۵	۸۰/۷	۸۲	۸۰/۷
۳	۰/۵۷	۰/۶۳	۰/۶۴	۰/۶۳	۳۱/۹	۳۵/۲	۳۵/۴۳	۳۵/۲	-۴/۳	۵/۶	۶/۳	۵/۶
۴	۱/۱۳	۱/۲۷	۱/۲۷	۱/۲۷	۶۲/۷۵	۷۰/۳	۷۰/۷۵	۷۰/۳	۷۰/۳	۱۱۰/۸	۱۱۲/۳	۱۱۰/۸
۵	۰/۹۷	۱/۰۷	۱/۰۸	۱/۰۷	۵۳/۷	۶۰/۱۲	۵۹/۷	۶۰/۱۲	۶۱/۱	۷۹/۲	۸۰/۳	۷۹/۲



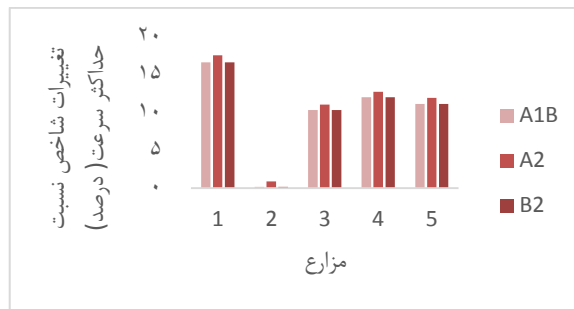
شکل ۲۰- تغییرات شاخص نسبت حداقل سرعت نسبت به دوره پایه در مزارع مورد مطالعه به روش بلانی کریدل، شهرستان سنقر، استان کرمانشاه



شکل ۱۹- تغییرات شاخص نسبت حداکثر سرعت نسبت به دوره پایه در مزارع مورد مطالعه به روش بلانی کریدل، شهرستان سنقر، استان کرمانشاه



شکل ۲۲- تغییرات شاخص نسبت حداقل سرعت نسبت به دوره پایه در مزارع مورد مطالعه به روش فائو پنمن مانیتث، شهرستان سنقر، استان کرمانشاه



شکل ۲۱- تغییرات شاخص نسبت حداکثر سرعت نسبت به دوره پایه در مزارع مورد مطالعه به روش فائو پنمن مانیتث، شهرستان سنقر، استان کرمانشاه

جدول ۹- بررسی شاخص‌های پایداری مساحت آبیاری، کفایت آبیاری و کفایت فشار در مزارع مورد مطالعه در دوره آینده در روش بلانی کریدل، شهرستان سنقر، استان کرمانشاه

مزرعه	شاخص پایداری مساحت آبیاری (%)			شاخص کفایت دبی (%)			شاخص کفایت فشار (%)		
	B2	A2	A1B	B2	A2	A1B	B2	A2	A1B
۱	۰/۸۳	۰/۸۳	۰/۸۳	۸۲/۶۱	۸۲/۹۳	۸۲/۶۱	۹۴/۸۴	۹۴/۷	۹۴/۸۴
۲	۰/۸۸	۰/۸۸	۰/۸۸	۹۷/۶	۹۶/۷۸	۹۷/۶	۹۹/۵۳	۹۹/۳۶	۹۹/۵۳
۳	۰/۸۹	۰/۸۸	۰/۸۹	۸۸/۵۱	۸۷/۷۸	۸۸/۵۱	۹۹/۷۳	۹۹/۷۱	۹۹/۷۳
۴	۰/۶۹	۰/۶۸	۰/۶۹	۸۷/۱۲	۸۶/۵	۸۷/۱۲	۹۲/۰۳	۹۲	۹۲/۰۳
۵	۰/۷۹	۰/۷۹	۰/۷۹	۸۷/۸۳	۸۷/۱	۸۷/۸۳	۹۶/۲	۹۵/۹۳	۹۶/۲

جدول ۱۰- بررسی شاخص‌های پایداری مساحت آبیاری، کفایت آبیاری و کفایت فشار در مزارع مورد مطالعه در دوره آینده در روش پنمن مانیتث فائو، شهرستان سنقر، استان کرمانشاه

مزرعه	شاخص پایداری مساحت آبیاری (%)			شاخص کفایت دبی (%)			شاخص کفایت فشار (%)		
	B2	A2	A1B	B2	A2	A1B	B2	A2	A1B
۱	۰/۸۶	۰/۸۵	۰/۸۶	۸۵/۶۳	۸۵/۰۷	۸۵/۶۳	۹۵/۲۴	۹۵/۱۳	۹۵/۲۴
۲	۰/۹۹	۰/۹۹	۰/۹۹	۹۹/۱۳	۹۹/۹۶	۹۹/۱۳	۹۹/۸۲	۹۹/۸۲	۹۹/۸۲
۳	۰/۹	۰/۹	۰/۹	۹۰/۶۲	۹۰	۹۰/۶۲	۹۹/۸	۹۹/۷۷	۹۹/۸
۴	۰/۷۳	۰/۷۲	۰/۷۳	۸۹/۲۷	۸۸/۷	۸۹/۲۷	۹۲/۱۵	۹۲/۱۲	۹۲/۱۵
۵	۰/۸۱	۰/۸	۰/۸۱	۸۹/۹۲	۸۹/۳۲	۸۹/۹۲	۹۶/۹	۹۶/۷۳	۹۶/۹

مناسب به گیاه عرضه و در سیستم عملکرد نامناسب و ناهمگون مشاهده خواهد شد (جدول ۹ و ۱۰). ولی بهترین کفایت فشار در سیستم شماره ۲ به دلیل کشت محصولات با نیاز آبی کم بوده که با توجه به تغییرات دبی کم‌ترین تغییرات فشار را نیز دارا می‌باشد. هم‌چنین بدترین وضعیت در بین این سیستم‌ها هم مربوط به سیستم شماره ۴ بوده که در هر سه سناریو و دو روش برآورد تبخیر و تعرق نیز کم‌ترین میزان تامین فشار را به همراه دارد. به عبارت دیگر مقدار شاخص کفایت توزیع فشار در روش برآورد تبخیر و تعرق به روش بلانی کریدل و در سه سناریو مورد بررسی A1B، A2 و B2 برابر ۹۲/۰۳، ۹۲ و ۹۲/۰۳ درصد و در روش فائو پنمن مانیتث برابر ۹۲/۱۵، ۹۲/۱۲ و ۹۲/۱۵ درصد می‌باشد.

مقادیر این شاخص برای سناریو A، روش برآورد بلانی کریدل در سیستم شماره ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵ به ترتیب برابر ۸۲/۹۳، ۹۶/۷۸، ۸۷/۷۸، ۸۶/۵ و ۸۷/۱ درصد و در روش فائو پنمن مانیتث برابر ۸۵/۰۷، ۹۹/۱۳، ۹۰/۶۲، ۸۹/۲۷ و ۸۹/۹۲ درصد بود (جدول شماره ۹ و ۱۰). با توجه به نتایج جدول ۹ و ۱۰ مشاهده می‌گردد که با وجود محدودیت عرضه آب تعداد نقاط مشکل‌دار از نظر تامین فشار، در ترکیب هر سه سناریو و روش‌های برآورد تبخیر و تعرق، بالا می‌باشد، که بیانگر بالا بودن تقاضای آب در نقاط برداشت سیستم‌های مورد پایش است که قابل پیش‌بینی هم می‌باشد. هم‌چنین بررسی‌های فشار نشان داد که هیچ‌یک از نقاط شبکه‌های مورد بررسی، فشاری کم‌تر از حد مجاز تعریف شده، برابر ۲۰ درصد فشار سرآب‌پاش، را دارا نمی‌باشند. به طوری که در هر دو وضعیت آب مورد نیاز نمی‌تواند با فشار

نتیجه گیری

در این پژوهش به بررسی اثرات تغییر اقلیم بر طراحی سیستم‌های آبیاری تحت فشار اجرا شده در شهرستان سنقر در سال‌های ۲۰۱۱ تا ۲۰۳۰ با استفاده از مدل چرخش عمومی HADCM3 تحت سناریوهای A1B، A2 و B1 پرداخته شد. براساس نتایج بدست آمده تحت شرایط تغییر اقلیم نیاز آبی گیاهان در دوره اقلیمی موردبررسی افزایش یافته که با افزایش تقاضا در شبکه، متوسط دبی سیستم‌های مورد مطالعه در دوره آینده با افزایش مواجه خواهد شد. به تبع افزایش دبی در تمامی مزارع، سرعت جریان آب، شاخص نسبت حداکثر و حداقل سرعت در تمامی سیستم‌های مورد بررسی نیز افزایش پیدا خواهد کرد. این افزایش نیاز آبی در اثر تغییر اقلیم باعث افزایش افت فشار در سناریوهای مورد نظر در سیستم‌های آبیاری شده است که سبب کاهش یکنواختی در تامین فشار در ابتدای لترال‌های بحرانی خواهد داشت. همچنین افزایش دبی در سیستم‌های مورد بررسی سبب افزایش افت در لوله‌ها و به دنبال آن افزایش توان مصرفی خواهد شد. در بررسی شاخص‌های فوق این فرض در نظر گرفته شد که دبی مورد نیاز در آینده توسط منابع موجود تامین شود، اما اگر این فرض برقرار نباشد نتایج بررسی شاخص پایداری مساحت آبیاری در تمامی مزارع مورد مطالعه کم‌تر از ۱۰۰ خواهد شد که ۰/۶۸ تا ۰/۸۹ تغییر خواهد کرد. همچنین مقادیر شاخص کیفیت دبی و فشار نیز به کم‌تر از ۱۰۰ خواهد رسید که بیانگر این نکته است که دبی و فشار در نقطه مورد نظر پایین‌تر از دبی و فشار طراحی خواهد بود. به طور کلی نتایج این تحقیق بیانگر تاثیر تغییر اقلیم بر پارامترهای طراحی در سیستم‌های آبیاری می‌باشد که با وجود اختلافات موجود پارامترهای طراحی در دوره پایه و تغییر اقلیم در سناریوهای مختلف، با اندک تغییرات موجود در طرح مانند تغییر در الگوی کشت و یا انتخاب پمپ با نقطه کار بالاتر اکثر مشکلات موجود قابل حل می‌باشند.

منابع

- اخوان، س.، قبائی سوق، م. و مساعدی، ا. ۱۳۹۴. بررسی اثر تغییر اقلیم بر مقدار نیاز خالص آبیاری محصولات عمده دشت همدان - بهار با استفاده از نتایج مدل ریزمقیاس LARS-WG5. نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، ۲۲: ۴-۲۵
- اشرف، ب.، موسوی بایگی، م.، کمالی، غ.، داوری، ک. ۱۳۹۱. ارزیابی تغییر مصرف آب گندم و چغندر قند با توجه به اثرات تغییر اقلیم در دو دهه آتی در دشت‌های منتخب استان خراسان رضوی، نشریه آبیاری و زهکشی ایران، ۶: ۱۱۷-۱۰۵
- بازدهر، ع. ۱۳۷۹. آماده‌سازی مدل کامپیوتری برای ارزیابی عملکرد
- شبکه آبیاری با استفاده از روش ترکیبی کلاسیک و سریع در شبکه آبیاری قزوین، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس تهران.
- بی‌نام، ۱۳۹۲. سال‌نامه آماری استان کرمانشاه. انتشارات استانداری استان کرمانشاه.
- بی‌نام، ۱۳۹۴. آمارنامه سازمان جهاد کشاورزی استان کرمانشاه، سازمان جهاد کشاورزی استان کرمانشاه.
- دهقان، ز. م.، کوچک‌زاده، و.، علیخانی، م. ۱۳۹۳. آسیب‌پذیری شبکه‌های آبیاری تحت شرایط تغییر اقلیم با بهینه نمودن سطح زیر کشت در شرایط محدودیت منابع آبی و ارایه راهکارهای تطبیق. نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک ۲۱: ۱-۴۳-۲۳
- علیزاده، ا.، سیاری، ن.، حسامی کرمانی، م. ر.، بنایان اول، م.، فرید حسینی، ع. ۱۳۸۹، بررسی پتانسیل اثرات تغییر اقلیمی بر منابع و مصارف آب کشاورزی (مطالعه موردی: حوضه آبریز رودخانه کشف‌رود). نشریه آب و خاک، ۲۴: ۴-۸۳۵-۸۱۵
- مهدوی، پ.، منعم، م. ج. ۱۳۸۸. توسعه مدل ارزیابی عملکرد سامانه‌های انتقال و توزیع آبیاری تحت فشار با استفاده از روش کلاسیک، دوازدهمین همایش کمیته ملی آبیاری و زهکشی، تهران.
- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M. 1998. Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage, Paper no. 56. FAO, Rome.
- Allen, C.D., Macalady, A.K., Chenchouni, H., Bachelet, D., McDowell, N., Vennetier, M., Kizberger, T., Rigling, A., Breshears, D.D., Hogg, E.H., Gonzalez, P., Fensham, R., Zhang, Z., Castro, J., Demidova, N., Lim, J.H., Allard, G., Running, S.W., Semerci, A., Cobb, N. 2010. A global overview of drought and heat-induced tree mortality reveals emerging climate change risks for forests. Forest Ecology and Management. 259: 4. 660-684.
- Ashofteh, P.S., Massah Bavani, A.R. 2010. Effects of climate change on peak streamflow: A case study, Aidoghmosh basin, East Azarbaijan. Science Technology of Agriculture Natural Resource 53: 1-15.
- Calejo, M.J., Lamaddalena, N., Teixeira, J.L and Pereira, L.S. 2008. Performance analysis of pressurized irrigation systems operating on-demand using flow-driven simulation models. Agricultural Water Management, 95: 2. 154-162.
- Fouial, A., Khadra, P., Daccache, A., Lamaddalena, N. 2016. Modelling the impact of climate change on pressurised irrigation distribution systems: Use of a new tool for adaptation strategy implementation. Biosystems engineering. 150: 182-190.

- reference evapotranspiration estimation in the Basque Country (Northern Spain). *Agricultural water management*. 95: 553-565.
- Perez Urrestarazu, L., Smout, I.K., Rodriguez Diaz, J.A., Carrillo Cobo, M.T. 2010. Irrigation Distribution Networks Vulnerability to Climate Change. *Journal of Irrigation. Drainage. Engineering*. 136: 7. 486-493.
- Racsko, P., Szeidl, L., and Semenov, M. 1991. A serial approach to local stochastic weather models. *Ecological Modeling*. 57: 27-41.
- Semenov, M.A and Barrow, E.M. 1997. Use of a stochastic weather generator in the development of climate change scenarios. *Climate Change*. 35: 397-414
- Valenzuela, J.C. 2009. Agro-environmental evaluation of irrigation land: I. Water use in Bardenas irrigation district (Spain). *Agricultural Water Management*. 96: 179-187
- Gorantiwar, S.D., Smout, L.K. 2005. Performance assessment of irrigation water management of heterogeneous irrigation schemes: A framework for evaluation. *Irrigation and Drainage Systems*. 19-36.
- IPCC. 2007. Synthesis Report 2007: AR4, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, USA
- Hassanli, A.M., Ebrahimzadeh, M.A. and Beecham, S. 2009. The effects of irrigation methods with effluent and irrigation scheduling on water use efficiency and corn yields in an arid region. *Agricultural Water Management*. 96: 93-99
- Karamouz, M., Hosseinpour, A and Nazif, S. 2011. Improvement of Urban Drainage System Performance under Climate Change Impact: Case Study. *Hydrolic Engineering* 16: 5. 395-412.
- Landeras, G., Ortiz-Barredo, A and Lopez, J.J. 2008. Comparison of artificial neural network models and empirical and semi-empirical equations for daily

Investigation of Design Vulnerability of Pressurized Irrigation Systems under Climate Change Conditions (Case Study of Pressurized Systems implemented in Sonqor)

S. Akhavan^{1*}, A. Baqerkhani², H. Zareabyaneh³
Received: Sep.19, 2017 Accepted: Nov.30, 2017

Abstract

The main objective of this study was to investigate the vulnerability of pressurized irrigation systems performed in the Sonqor region in terms of climate change during the period 2011-2030 based on different scenarios (A1B, A2 and B1) compared to the base period using the LARS-WG sub-scale model. In this study, the reference evapotranspiration and irrigation requirement under climate change scenarios for the present cropping pattern were calculated and then the performance of irrigation systems and defined indices (such as pressure and flow distribution adequacy) were evaluated for further investigation. Based on the results obtained, crop evapotranspiration in all three scenarios A1B, A2 and B1 will increase by 9.53, 9.6 and 9.54%, respectively. The average flow amount of the studied systems will change from 6.8 lit s⁻¹ to 9.74 lit s⁻¹ in the future period. Average values of water velocity, are considered to increase 19.6, 20.6 and 19.6 percent in three scenarios A1B, A2 and B1, respectively. In the studied systems, the average values of pressure drop per 100 meters were 1, 19.1, 21.1, and 19.1 meters in the base period and three scenarios (A1B, A2 and B2), respectively, so there is no need to change the sprinkler or pressure adjustment at the beginning of the line. The results of irrigation area stability index, pressure and flow adequacy index showed that the values of this index would be less than 100% in the future in all fields studied.

Keywords: Climate change scenarios, Irrigation system, Hydro module

1- Assistant Professor, Department of Water Engineering, College of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan

2- Ph.D. Student of Irrigation and Drainage, College of Agriculture, Bu-Ali Sina University

3- Professor, Department of Water Engineering, College of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan

(*- Corresponding Author Email: Akhavan_samira@yahoo.com)